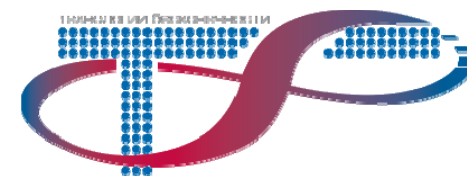


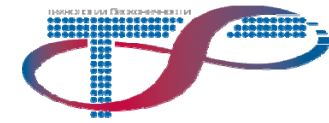
Анализ нелинейных эффектов в DWDM системах связи с разнородными каналами (40G, 10G; DPSK, ASK)

Капин Ю.А., Наний О.Е., Новиков А.Г.,
Павлов В.Н., Плаксин С.О.,
Трещиков В.Н., Убайдуллаев Р.Р.
ООО “Т8”, г. Москва

ВКВО-2011, г. Пермь
12-14 октября 2011 г.



Докладчик
Убайдуллаев Р.Р., к.ф-м.н.
rru@t8.ru

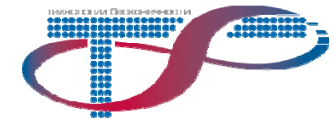


Содержание

- Характер нелинейностей в системах 40G/ch и 10G/ch (волокно G.652)
- Исследование параметров линейных интерфейсов транспондеров 40G
- Подавление нелинейных искажений оптимизацией дисперсионной карты
- Измерения критической суммарной мощности, вводимой в линию

- Высокий рынок - 100G, мощные свитчи GMPLS, ASON
- Стоимость комплекта Крейт+2БП+CU+2OSCH

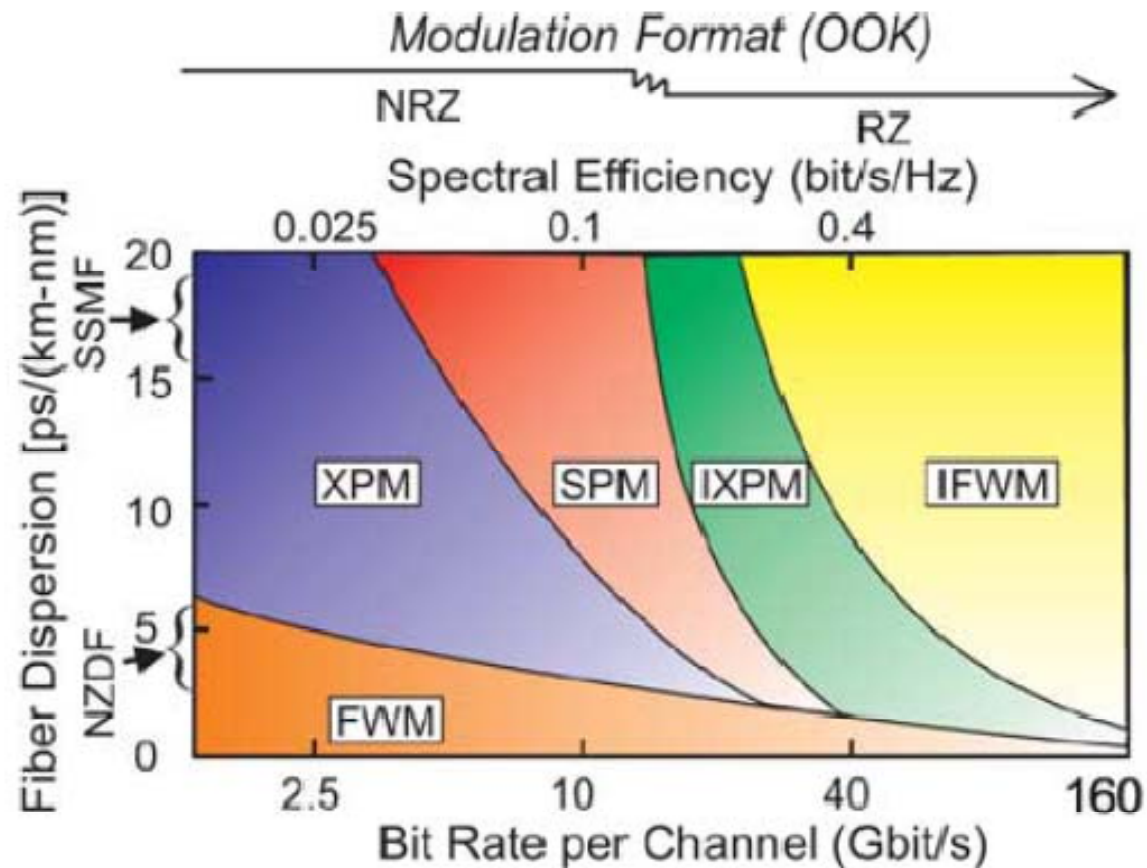
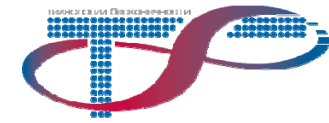
Характер нелинейностей в системах 40G/ch и 10G/ch (волокно G.652)



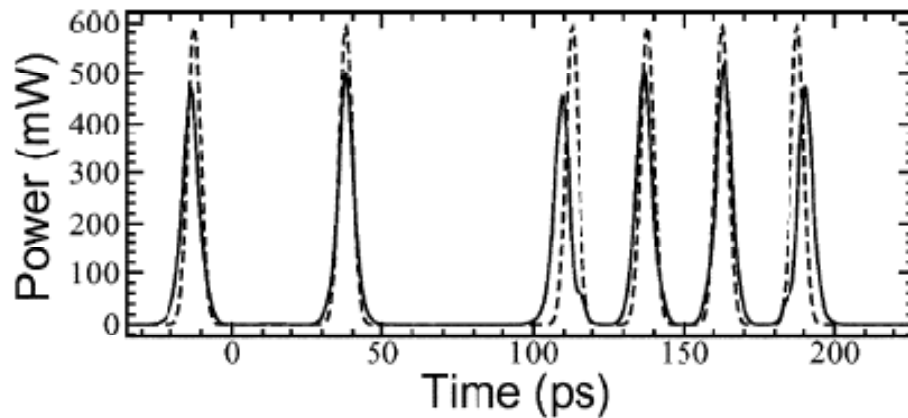
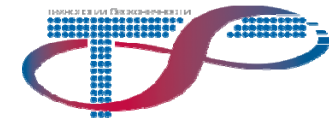
	40 Гбит/с/канал	10 Гбит/с/канал
SFM	Сильно	Сильно
XFM	Не значительно	Значительно
FWM	Не значительно	Не значительно
SFM	Не значительно	Не значительно
iXFM	Сильно	Не значительно
iFWM	Сильно	Не значительно

- Оптимальное распределение дисперсии в 40G/ch и 10G/ch различается
- Короткие импульсы в системах 40G сильно перекрываются на коротком расстоянии, то характер искажения импульсов в таких системах сильно отличается

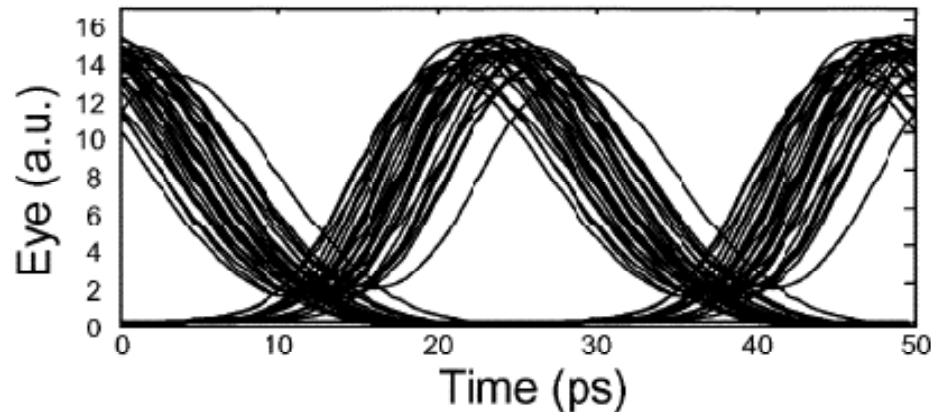
Значимость разных видов НЛ искажений при ASK (OOK)



Влияние iXPM. Скорость 40 Гбит/с

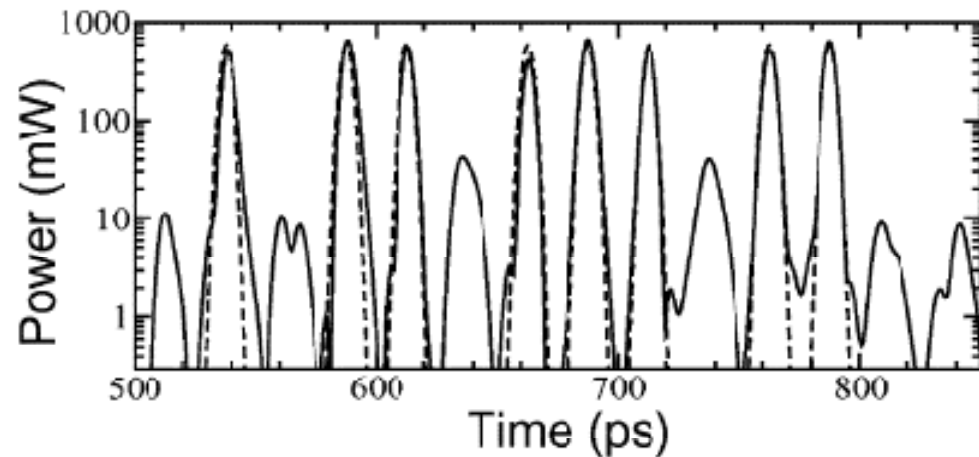
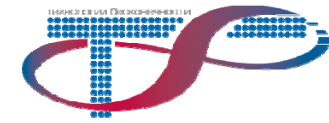


Форма сигналов
(пунктир - неискаженный
сигнал)

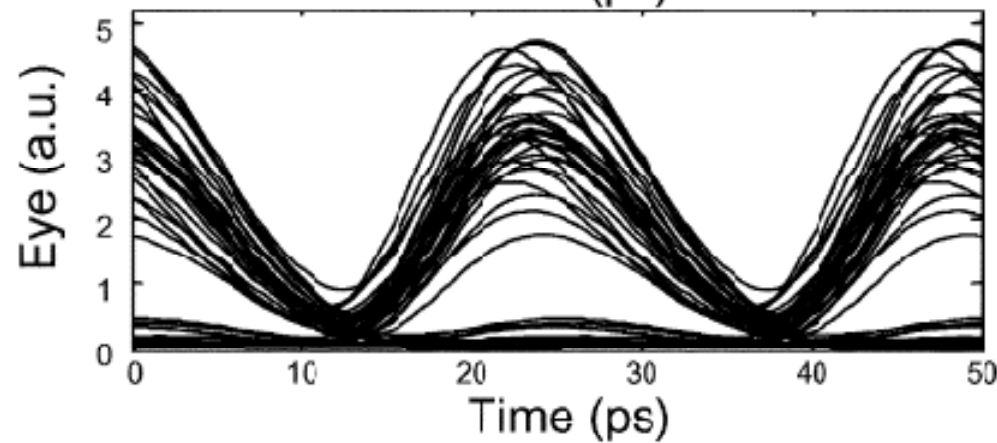


Глаз-диаграмма

Влияние iFWM. Скорость 40 Гбит/с

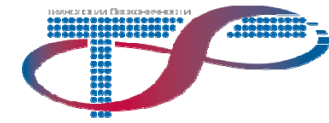


Форма сигналов
(пунктир - неискаженный
сигнал)

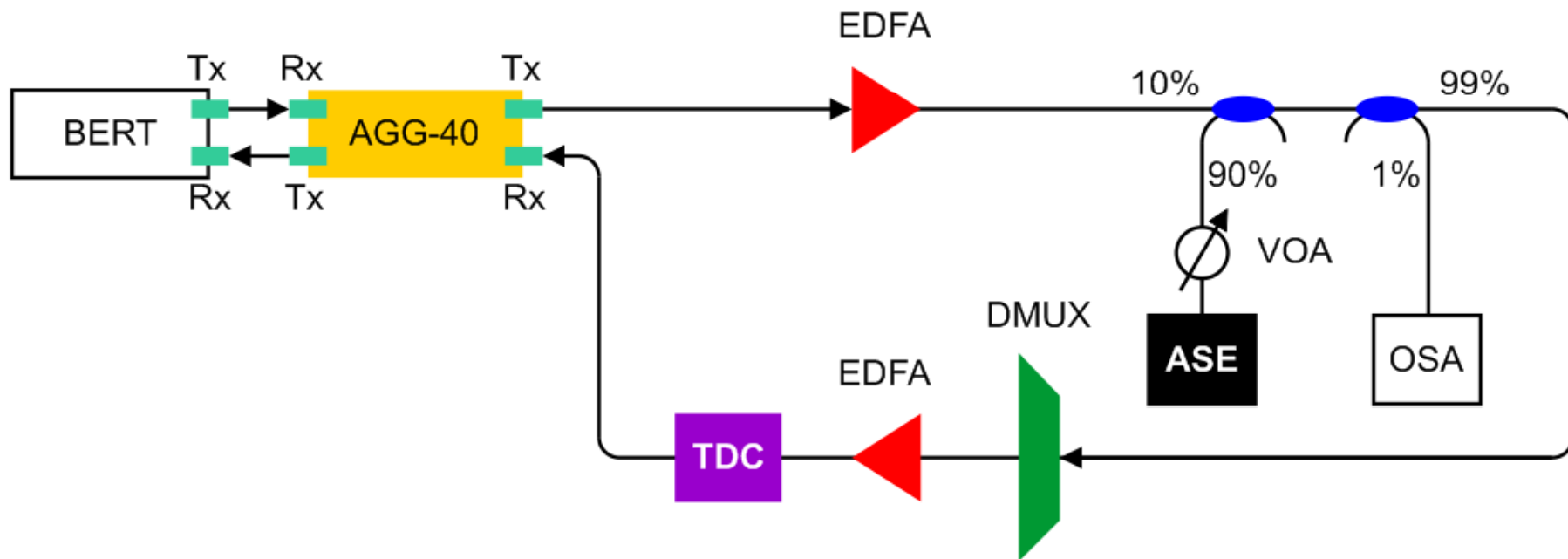


Глаз-диаграмма

Измерения критического OSNR транспондеров



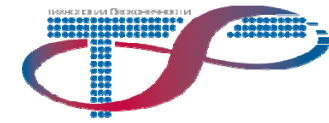
Экспериментальная установка



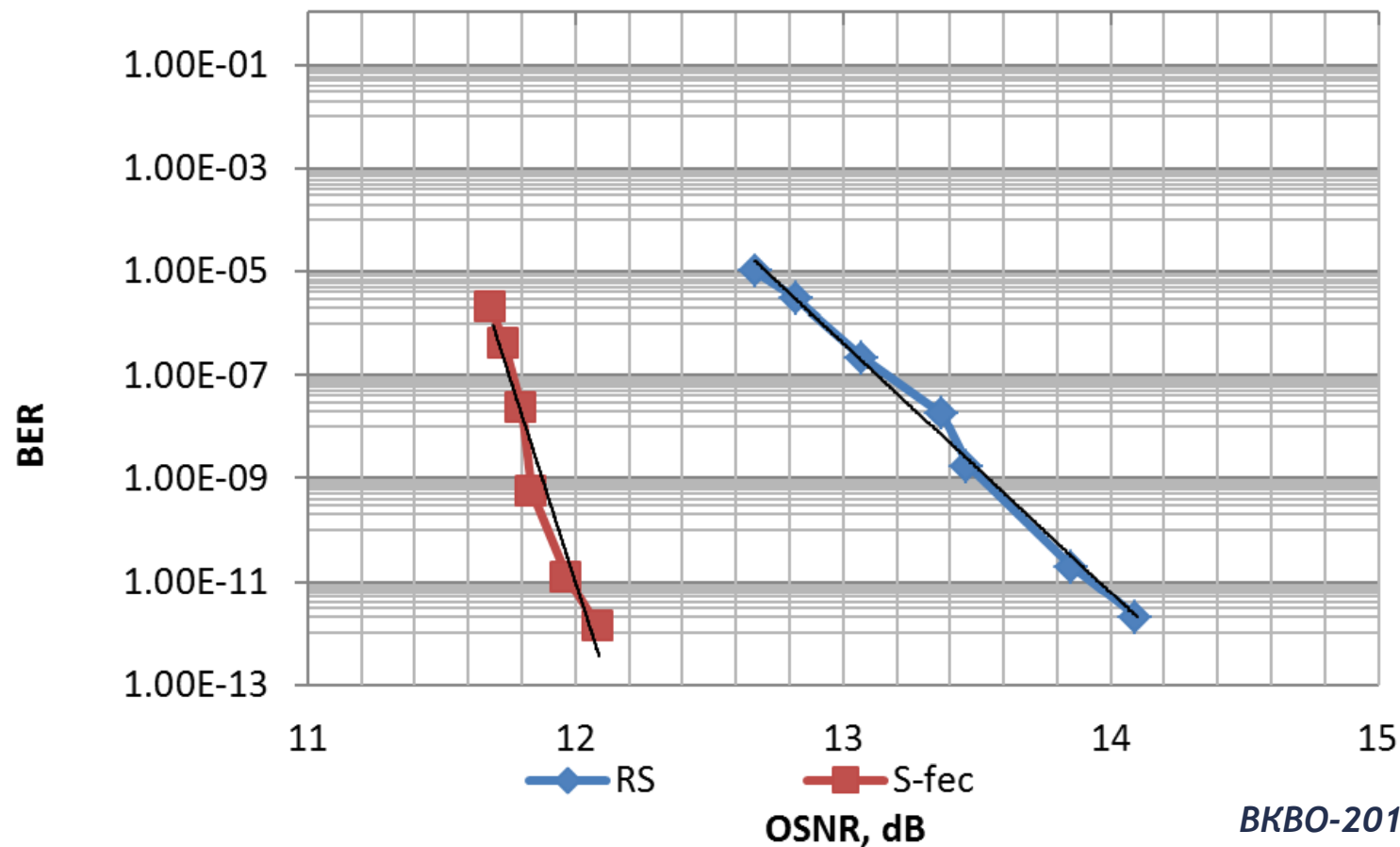
BERT - BER-тестер, ASE - источник оптического шума, TDC - переменный компенсатор дисперсии, OSA - спектральный анализатор, DMUX - демультиплексор, EAU - оптический усилитель отличается, VOA - перестраиваемый оптический аттенюатор, сплиттеры (90x10 и 99x1)

ВКВО-2011 г. Пермь
12-14 октября 2011 г.

Измерения критического OSNR транспондеров

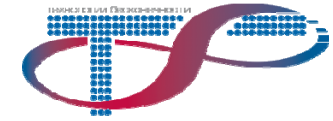


Зависимость BER от OSNR при различных алгоритмах FEC

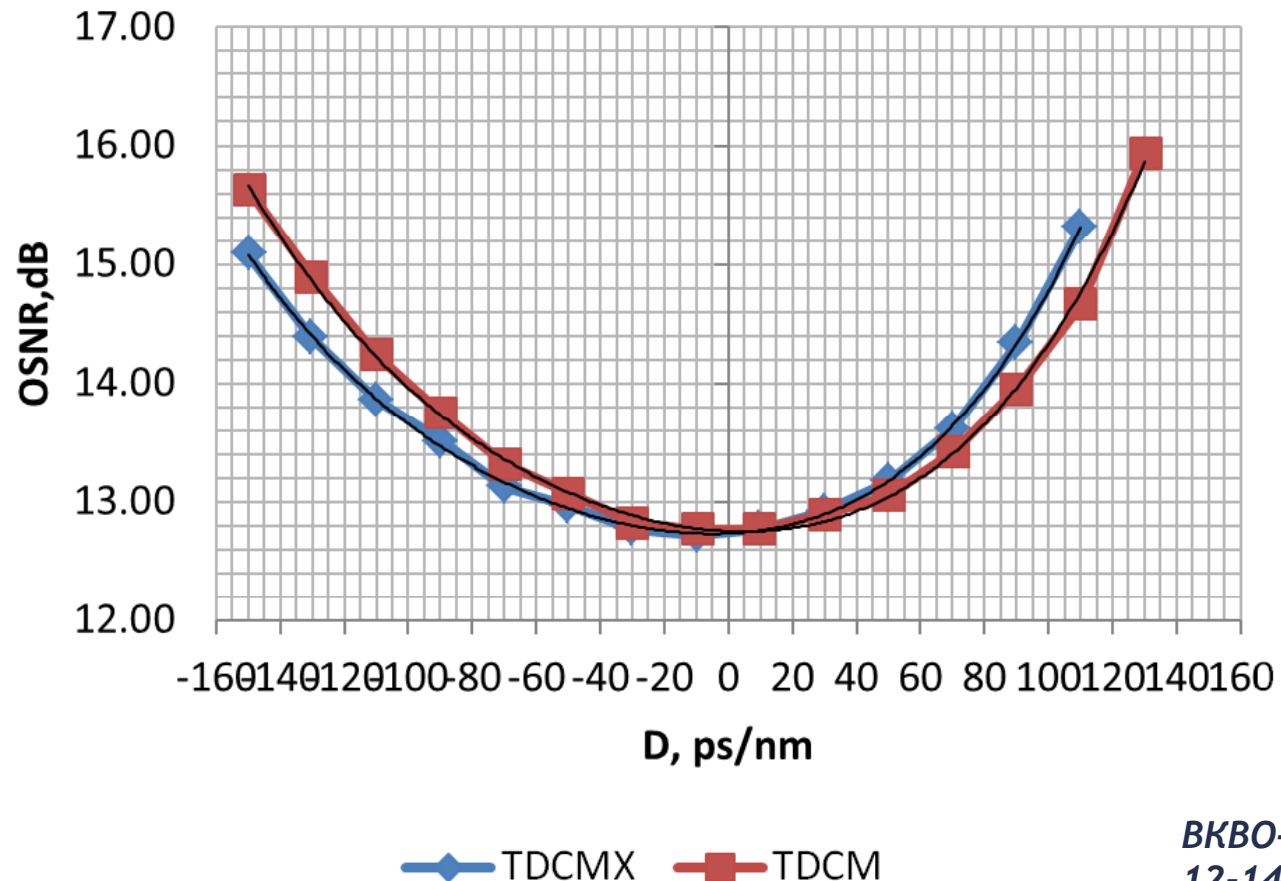


ВКВО-2011 г. Пермь
12-14 октября 2011 г.

Измерения критического OSNR транспондеров



Дисперсионные зависимости транспондера для двух переменных компенсаторов дисперсии (BER на уровне 1×10^{-10})

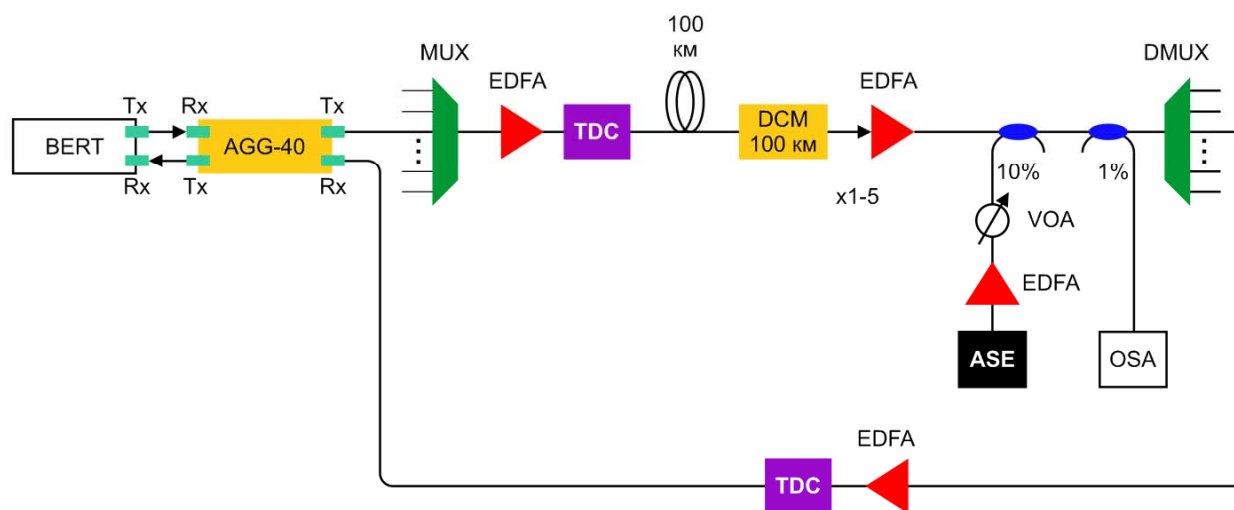


ВКВО-2011 г. Пермь
12-14 октября 2011 г.

Подавление нелинейных искажений оптимизацией дисперсионной карты



Экспериментальная установка для измерения критической суммарной мощности, вводимой в линию с одним участком, пред- и посткомпенсацией дисперсии



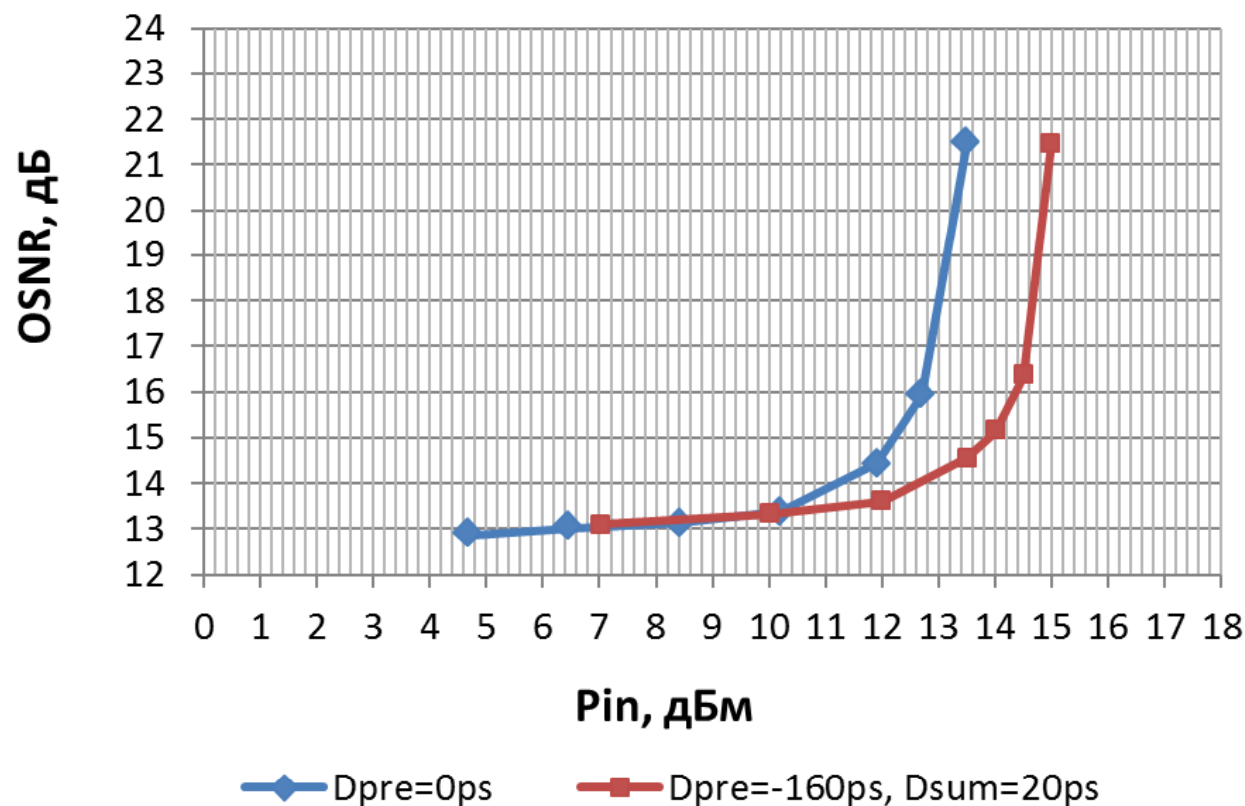
BERT - BER-тестер, ASE - источник оптического шума, TDC - переменный компенсатор дисперсии, OSA - спектральный анализатор, DMUX - демультиплексор, EAU - оптический усилитель отличается, VOA - перестраиваемый оптический аттенюатор, сплиттеры (90x10 и 99x1)

ВКВО-2011 г. Пермь
12-14 октября 2011 г.

Подавление нелинейных искажений оптимизацией дисперсионной карты

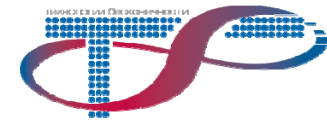


Зависимость критической суммарной мощности, вводимой в линию, пред- и посткомпенсацией дисперсии

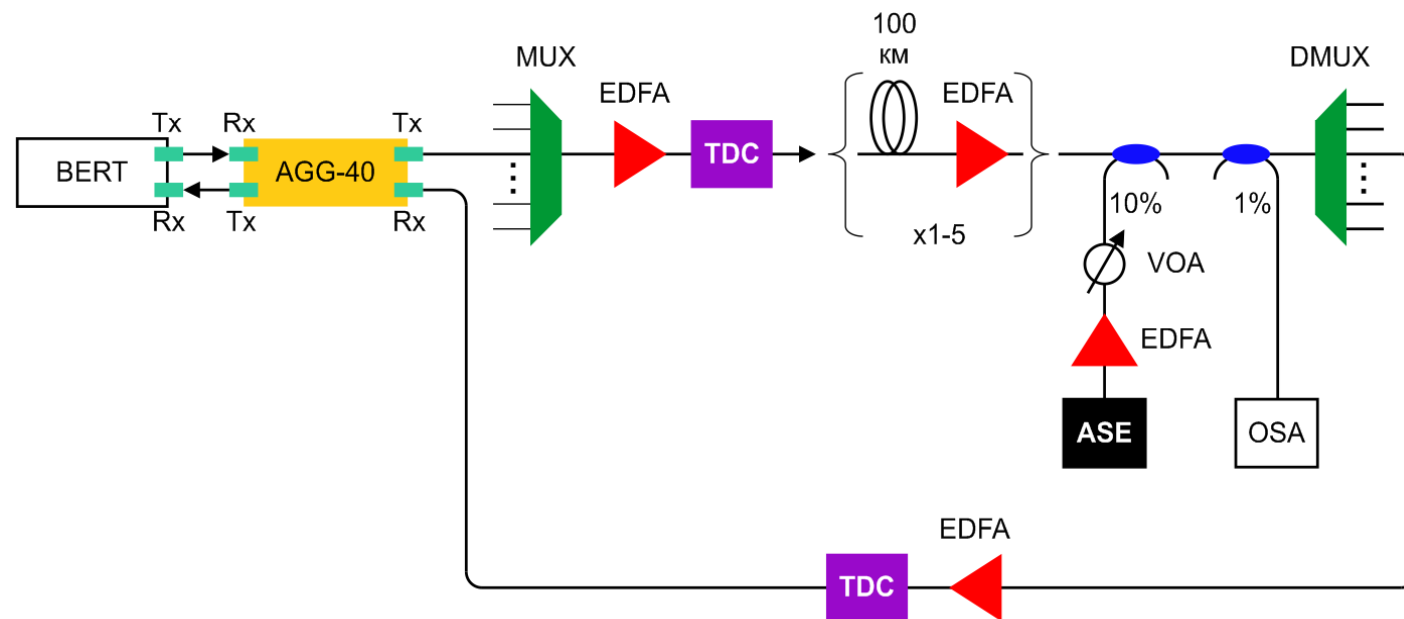


ВКВО-2011 г. Пермь
12-14 октября 2011 г.

Измерения критической суммарной мощности, вводимой в линию



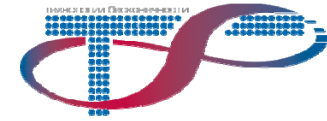
Экспериментальная установка



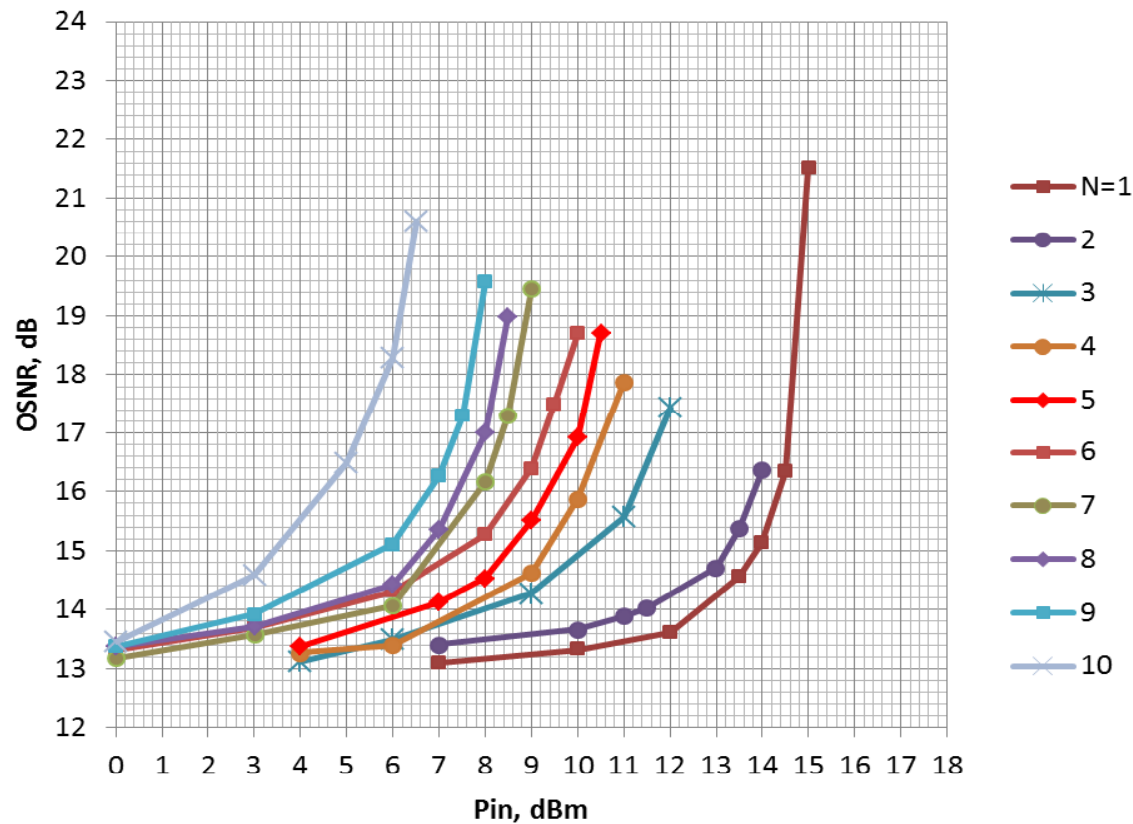
BERT - BER-тестер, ASE - источник оптического шума, TDC - переменный компенсатор дисперсии, OSA - спектральный анализатор, DMUX - демультиплексор, EAU - оптический усилитель отличается, VOA - перестраиваемый оптический аттенюатор, сплиттеры (90x10 и 99x1)

ВКВО-2011 г. Пермь
12-14 октября 2011 г.

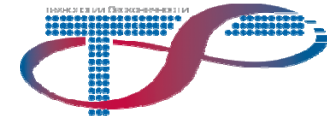
Измерения критического OSNR транспондеров



Зависимость критической суммарной мощности, вводимой в линию, пред- и посткомпенсацией дисперсии

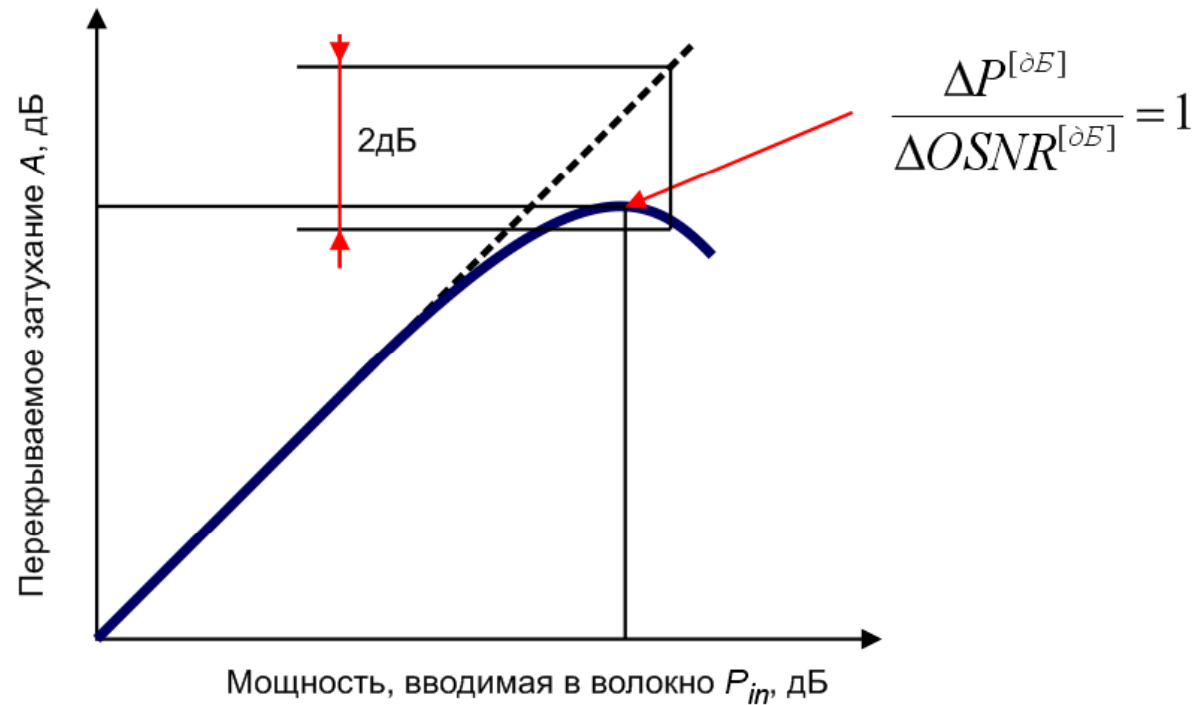


ВКВО-2011 г. Пермь
12-14 октября 2011 г.



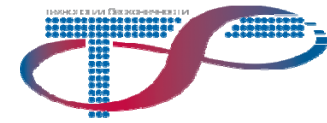
Перекрываемое затухание

Зависимость допустимых потерь на участке в зависимости от мощности сигнала, вводимой в волокно

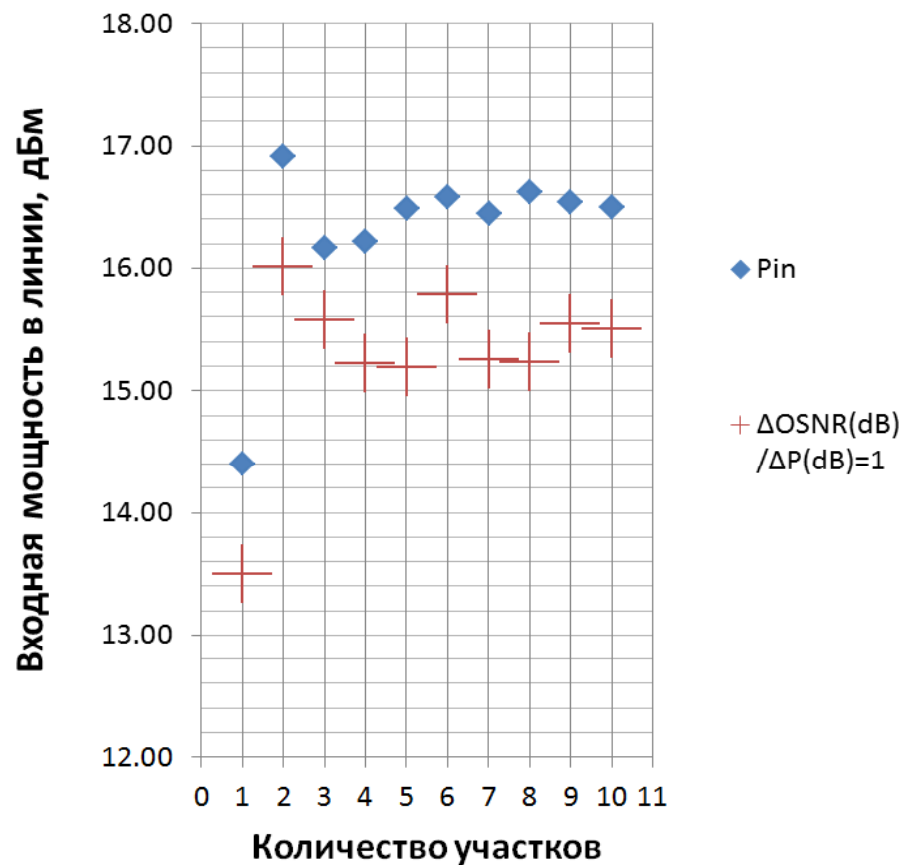


ВКВО-2011 г. Пермь
12-14 октября 2011 г.

Измерения критического OSNR транспондеров

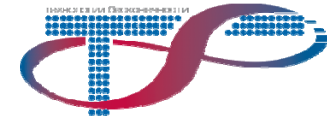


Зависимость критической суммарной мощности, вводимой в линию

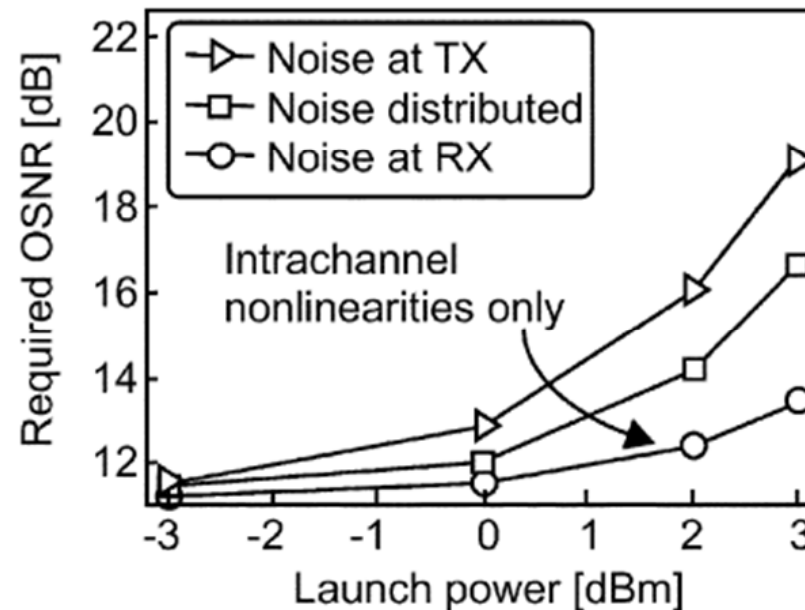


ВКВО-2011 г. Пермь
12-14 октября 2011 г.

Моделирование влияния нелинейных фазовых шумов на OSNR критический



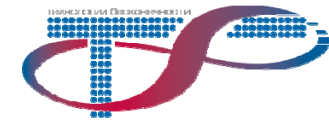
Увеличение требуемого OSNR из-за воздействия нелинейного фазового шума в одноканальной линии связи со скоростью 42,7 Гбит/с, формат модуляции 50% RZ-DPSK. Линия связи содержит 32 участка по 80 км, $D = 4.5$ пс/(нм•км)



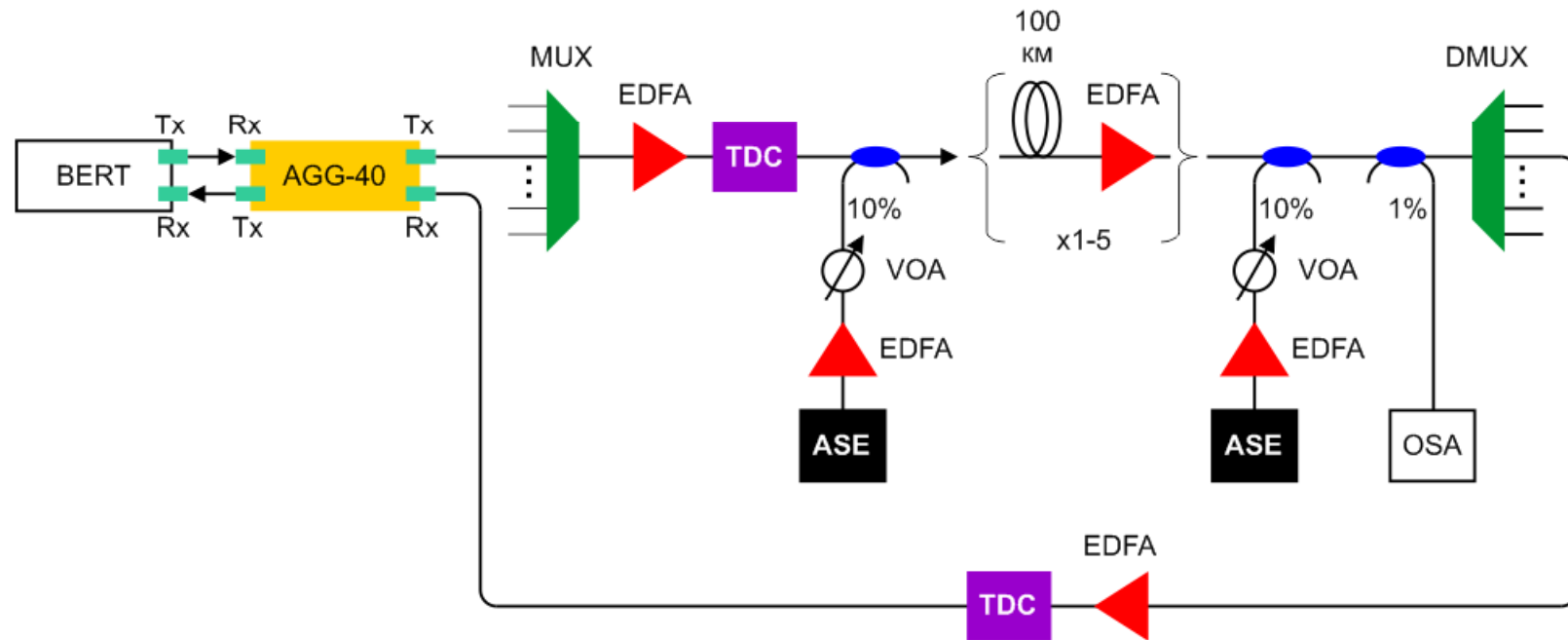
Winzer P. J., Essiambre R.-J. Advanced Optical Modulation Formats. Proceedings of the IEEE | Vol. 94, No. 5, May 2006.

ВКВО-2011 г. Пермь
12-14 октября 2011 г.

Измерение влияния нелинейных фазовых шумов на OSNR критический



Экспериментальная установка



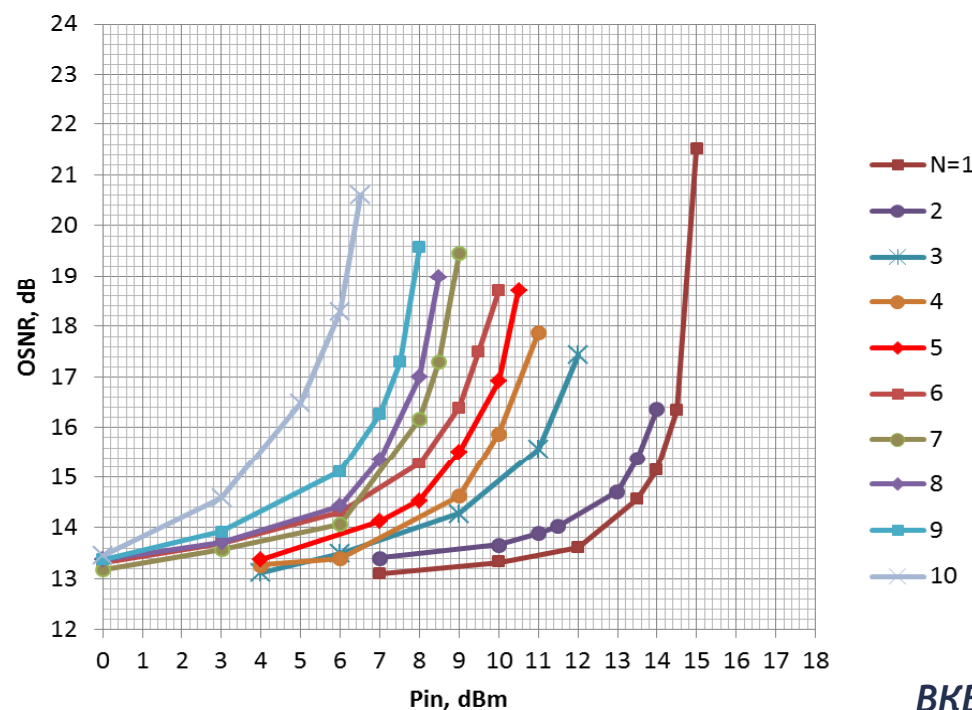
BERT - BER-тестер, ASE - источник оптического шума, TDC - переменный компенсатор дисперсии, OSA - спектральный анализатор, DMUX - демультиплексор, EAU - оптический усилитель отличается, VOA - перестраиваемый оптический аттенюатор, сплиттеры (90x10 и 99x1)

ВКВО-2011 г. Пермь
12-14 октября 2011 г.

Измерение влияния нелинейных фазовых шумов на OSNR критический



В волокне SSMF воздействие нелинейного фазового шума незначительное. 10 пролетов 42,7 Гбит/с по 100 км, требуемого OSNR из-за воздействия нелинейного фазового шума в одноканальной линии связи со скоростью 42,7 Гбит/с, формат модуляции NRZ-DPSK, $D = 17$ пс/(нм•км)



ВКВО-2011 г. Пермь
12-14 октября 2011 г.

Тестирование 40 Гбит/с NRZ ADPSK систем связи в 80-канальной гетерогенной линии связи длиной 1200 км

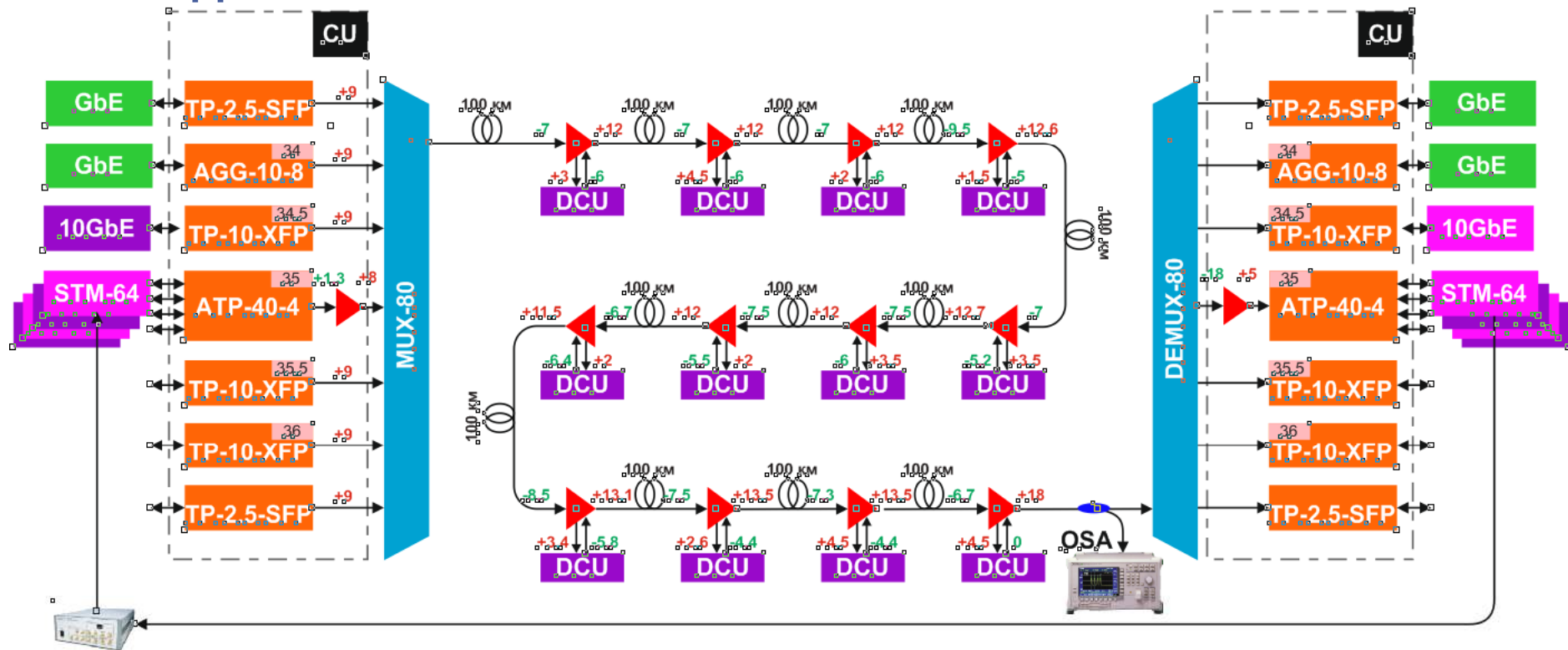
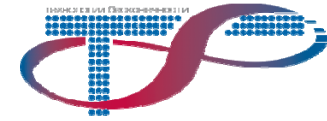


Схема экспериментальной установки для исследования гетерогенной 80-канальной DWDM линии связи, содержащей 3 канала 40G NRZ ADPSK в сочетании с каналами 10G NRZ ASK и 2,5G NRZ ASK DM

ВКВО-2011 г. Пермь
12-14 октября 2011 г.

Выводы

Удалось экспериментально дать количественную оценку штрафа из-за нелинейных эффектов в стандартном одномодовом волокне

- определить оптимальную предкомпенсацию
- рассчитать значения
- измерены параметры транспондеров 40G
- построить оптимальную дисперсионную карту системы 40G с используемыми транспондерами
- измерить накопление нелинейной мощности

Спасибо за внимание!